doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2025.10.019

基于多次分型与双联滑块抽芯的注塑模具设计

赵利平,杨展朋,陈宇婵,陈盈华,谭弘尧,程煜,秦瑞亮
(广东科技学院机电工程学院,广东东莞 523668)

摘要: 针对安防摄像头转动架塑件的复杂结构与高精度成型需求,提出一种细水口三点进胶的三板模注塑模具设计方案。在定模侧,设计了镶件定距优先脱模机构,通过机构中的活动板带动该机构以分散塑件包紧力,同时耦合多次分型顺序开模机构,有效解决了粘模与流道脱出难题;在动模侧,基于注塑机开合模信号与油缸压力-位移特性的精准耦合控制,构建含油缸-斜导柱联动的双联滑块抽芯系统,成功解决塑件双重倒扣(两个倒扣量分别为35.11 mm和0.82 mm)的同步脱模技术难题。针对模具冷却系统采用多维度差异化设计:在定模侧布设环形水路实现均匀控温,在滑块部位采用双层串联式水路结构以强化冷却效果;在动模型腔配置5组沿圆周均匀分布的水井,结合动模镶件上设计的独立螺旋水路,精准满足塑件中心加强筋区域的快速散热需求,使成型周期缩短20%。试模结果表明,转动架塑件的尺寸精度(±0.04 mm)和外观面光洁度(A级)等技术指标满足设计要求,为同类型复杂塑件的模具设计开发提供了工程参考。

关键词: 转动架;三板模;定距优先脱模;多次分型;双联滑块抽芯;冷却系统

中图分类号: TQ322.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2025)10-0150-07

Design of injection mould based on multiple parting and double-slider core-pulling

ZHAO Liping, YANG Zhanpeng, CHEN Yuchan, CHEN Yinghua, TAN Hongyao, CHENG Yu, QIN Ruiliang
(School of Mechanical and Electrical Engineering, Guangdong University of Science and Technology, Dongguan 523668, China)

Abstract: Aiming at the complex structure and high-precision molding requirements of the plastic parts of the rotating bracket of security cameras, a three-plate injection mould design scheme with fine gate system and three-point injection was proposed. On the fixed mould side, an insert fixed-distance priority demoulding mechanism was designed, in which the movable plate drove this mechanism to disperse the clamping force of the plastic part and coupled the multiple parting sequence mould opening mechanism, effectively solving the problems of mould sticking and runner ejection. On the moving mould side, a double-slider core-pulling system with oil cylinder and angle pin linkage was constructed with the precise coupling control of the mould opening and closing signals of injection molding machine and the pressure-displacement characteristics of the oil cylinder, successfully solving the technical problem of synchronous demoulding of the plastic parts with double undercuts (35.11 mm and 0.82 mm). A multi-dimensional differentiated design was adopted for the mould cooling system: on the fixed mould side, a circular water circuit was laid out to achieve uniform temperature control, and a double-layer series water circuit structure was adopted at the slider part to enhance the cooling effect; in the moving mould cavity, five sets of water wells were evenly distributed around the circumference combined with the independent spiral water circuit designed on the moving mould insert, precisely meeting the rapid heat dissipation requirements of the central reinforcing rib area of the plastic part, shortening the molding cycle by 20%. The mould trial results show that the dimensional accuracy (±0.04 mm), surface finish (grade A) and other technical indicators of the rotating bracket plastic part meet the design requirements, which provides engineering reference for the design and development of moulds for the same type complex plastic parts.

Keywords: rotating bracket; three-plate mould; fixed-distance priority demoulding; multiple parting; double-slider core-pulling; cooling system

---

基金项目: 机电综合工程实践中心项目(GKZLGC2024350)

通信作者: 赵利平,高级技师、副教授,从事模具设计及制造、机械设计制造及机械零件加工等方面研究

收稿日期: 2025-06-08

引用格式: 赵利平,杨展朋,陈宇婵,等.基于多次分型与双联滑块抽芯的注塑模具设计[J].工程塑料应用,2025,53(10):150-156.
ZHAO Liping, YANG Zhanpeng, CHEN Yuchan, et al. Design of injection mould based on multiple parting and double-slider core-pulling [J]. Engineering Plastics Application, 2025, 53(10): 150-156.

在智能安防技术快速迭代的背景下，安防摄像头作为物联网感知层的核心设备，已从传统商用场景向家庭安防领域深度渗透，市场普及度显著提升。伴随消费级市场的竞争加剧，摄像头转动架作为实现多角度监控的关键部件，其结构设计正朝着高集成度和轻量化方向发展。市面上原有的摄像头转动架采用拼接结构设计，增加了模具设计成本与产品组装环节，最终降低了产品的生产效率并增加了产品的成本。笔者以某新款摄像头转动架为例，采用一体式设计注射成型，以聚碳酸酯(PC)作为塑件材料，通过拓扑优化的网格加强筋结构设计与模块化布局，在保证力学性能的前提下有效降低材料用量与组装成本[1]，使原来需要2套模具的制造方式改为只用一套模具即可制造转动架，减少了新模具的开发数量。然而，该塑件形状落差(主分型出模方向接近60 mm)较大，包含多组倒扣结构及薄壁特征，对注塑模具的分型设计、抽芯机构与浇注系统提出了严苛要求。针对这类高精度功能件的成型难题，笔者通过模具结构设计，构建了包含多次分型定距机构和双联滑块抽芯系统的模具解决方案，案例相关设计经验可为同类复杂塑件的模具设计开发提供工程参考[2−6]。

1 塑件的结构和工艺性分析

1.1 塑件结构特征分析

塑件结构3D示意图如图1所示，该安防摄像头转动架塑件外形尺寸为97.0 mm×76.0 mm×93.0 mm，主体壁厚2.5 mm，质量约40 g，属于中小型注塑件。其结构呈现典型的功能与外观一体化特征：主体采用壳体式设计，定模侧与动模侧均分布有网格状加强筋(Q2区域)，其中定模侧Q1处存在深度10.8 mm的环形筋结构，动模侧Q3区域包含两组呈90°夹角的侧向倒扣结构。塑件中部圆形装配区域对圆度精度要求达IT7级，且外观面(A面)表面粗糙度*Ra*须控制在0.1 μm以内，不允许存在浇口痕迹。

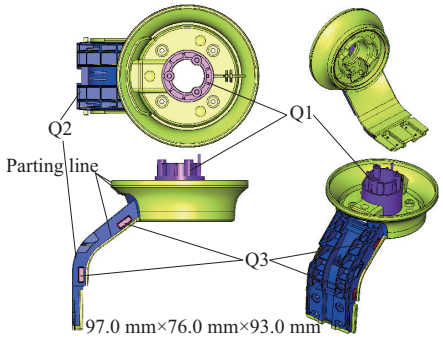


图1 塑件结构3D示意图

Fig. 1 3D schematic diagram of plastic parts structure

1.2 材料工艺性分析

选用PC材料成型塑件，该材料具有以下特性：力学性能方面，拉伸强度≥65 MPa，弯曲模量≥2 400 MPa，满足转动架的装配强度要求；成型性能方面，熔融温度范围280~320 ℃，热变形温度130 ℃，需注意控制成型过程中的残余应力。

1.3 模具设计技术难点

基于塑件结构与材料特性，模具设计存在如下三大技术挑战。

(1)浇口隐蔽性设计：因外观面禁止直接进胶，需采用潜伏式浇口或点浇口结构，且需确保中部装配孔的熔体填充均匀性，避免圆度偏差，否则无法满足塑件安装要求；

(2)防粘模控制：Q1处较深的环形筋易产生包紧力，且易产生困气，需在定模侧设置镶件结构，辅助排气及实施强制脱模机构优化脱模方式；

(3)多向倒扣脱模：Q2处网格筋与脱模方向形成90°倒扣，叠加Q3处垂直方向倒扣，需设计双联滑块抽芯系统，确保抽芯行程(≥40 mm)与动作时序匹配。

2 模具结构设计

2.1 浇注系统设计

图2为浇注系统3D设计示意图。针对塑件外观面(表面粗糙度*Ra*≤0.1 μm)不允许存在浇口痕迹，且中部圆形转动区域真圆度公差需控制在±0.05 mm以内的严苛要求，通过采用镜面精密火花机加工使模具成型零件达到高精度高光洁度要求，省去后续人工抛光带来的误差。配合成熟的三板模结构，选用细水口三点浇口均匀分布进胶设计[7]。

该浇注系统的技术优势体现在以下3处。

(1)外观质量保障：细水口点浇口(直径0.8 mm)

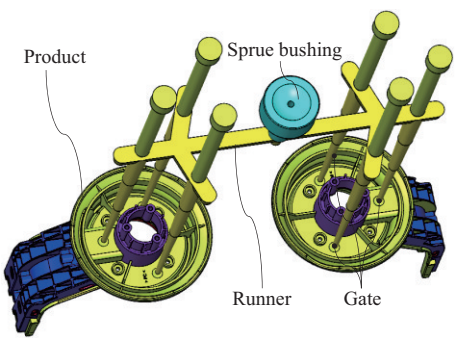


图2 三点进胶3D示意图

Fig. 2 3D schematic diagram of three-point gating

设置于非外观面的边缘过渡区域,开模时可自动拉断浇口凝料,残留痕迹高度≤0.1 mm,不影响装配结构;

(2)精度控制优化:三点进胶方案(浇口呈 120°圆周分布)使熔体以对称压力场填充圆形区域,(参考精密齿轮模具的 3 点均衡进胶方式),此种进胶方式可有效控制塑件的径向收缩差,满足 IT7 级精度要求;

(3)降低成型生产成本:三板模结构实现流道与塑件的自动分离,可实现全自动化无人生产,降低生产成本。

经实际试模验证,该浇注系统设计既规避了外观缺陷风险,又通过熔体流动平衡控制保障了塑件关键尺寸精度,符合大批量生产的工艺要求。

2.2 模具分型面设计

模具分型面的选择是注塑模具设计的核心环节,其合理性直接影响模具结构的复杂程度、运行稳定性及使用寿命。分型面的优化选择需遵循以下技术原则。

(1)确保塑件顺利脱模:需保证塑件在开模过程中能沿分型面方向完整脱出,避免卡滞或变形;

(2)保障外观品质:分型面应避开塑件外观面的可视区域,防止合模线、飞边等缺陷影响表面质量;

(3)优化模具加工可行性:分型面的形状需便于模具零件(如型腔、型芯)的加工制造,降低铣削、磨削等工艺难度;

(4)兼顾抽芯与排气设计:需为侧向抽芯机构(如滑块、斜顶)预留空间,并通过分型面结构设计辅助排气系统的布置,避免注塑过程中产生困气。

上述原则需结合塑件的结构特征(如壁厚分布、凹凸结构)与外观要求进行综合考量。以本塑件为例,设计过程中通过系统性分析浇口位置对熔体流动的影响、拆分镶件的工艺可行性、抽芯机构的运动轨迹、排气系统的路径规划及模具加工的精度要求,最终确定了如图 3 所示的分型面方案,实现了脱模效率、外观质量与加工经济性的平衡[8−11]。

2.3 多次分型定距顺序开模设计

图 4 为多次分型定距顺序开模的 3D 示意图。基于细水口进胶方式的设计需求,采用三板模结构,并在定模侧增设活动板带动镶件的优先脱模机构,通过塞打螺丝限位、弹簧与开闭器的协同作用,

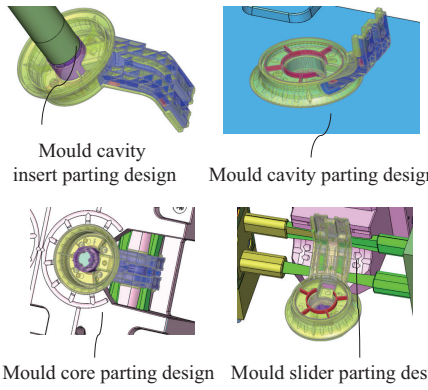


图 3 分型面设计

Fig. 3 Parting surface design

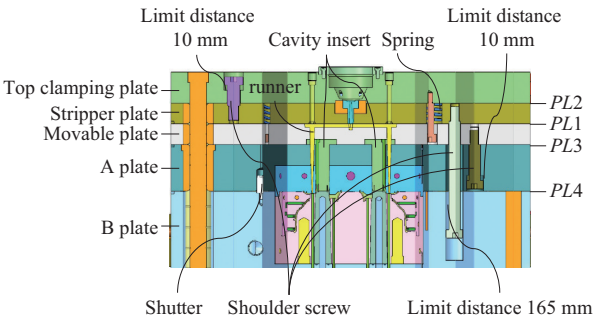


图 4 多次分型定距顺序开模 3D 示意图

Fig. 4 3D schematic diagram of multiple parting and fixed-distance sequential mould opening

实现多阶段定距顺序开模[12−14]。当注塑周期完成后执行开模动作时,具体开模顺序如下。

(1) *PL*1 分型阶段:在开闭器的锁定作用下,*PL*4 保持锁紧状态,*PL*1 在弹簧驱动力作用下优先开启,完成流道凝料的初步脱出,限位距离 16 mm;

(2) *PL*2 分型阶段:由于定模镶件受塑件包裹力作用,*PL*2 随即开启,限位 10 mm,脱料板 2 实现流道凝料的二次剥离;

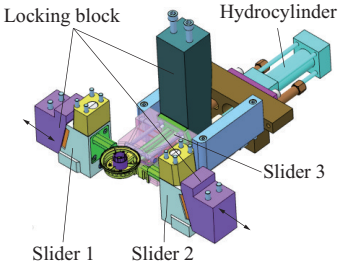
(3) *PL*3 分型阶段:活动板 3 带动镶件与塑件分离,限位 10 mm,完成定模侧镶件的脱模动作;

(4) *PL*4 分型阶段:当开闭器与 A 板 4 之间的摩擦力无法抵抗注塑机开模力时,*PL*4 开启,定模侧脱模过程全部完成。

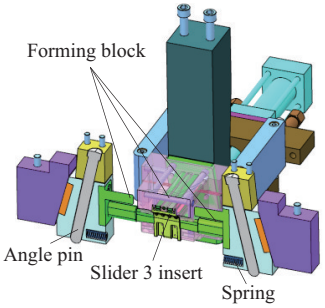
2.4 双联滑块抽芯机构设计

如图 1 所示,塑件在 Q2 和 Q3 位置存在两个相互垂直方向的倒扣结构,对应模具动模型芯单腔布局中设置滑块 1、滑块 2 与滑块 3。其中,滑块 1 和滑块 2 以塑件中心为对称轴线左右布置,采用同类型抽芯机构——通过斜导柱与弹簧的协同作用实现抽芯动作,专门解决 Q3 处倒扣的脱模问题,斜导柱的直径为 20 mm,长度为 161 mm,由 SUJ2 高碳铬轴

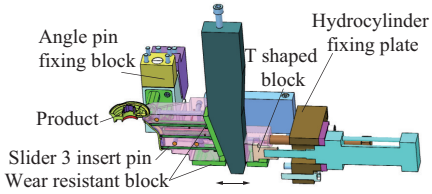
承钢材质制作，确保斜导柱强度和滑块抽芯行程足够；滑块3则由油缸驱动，完成抽芯与复位动作，用于处理Q2处的倒扣结构。最终设计的动模滑块抽芯结构如图5所示。



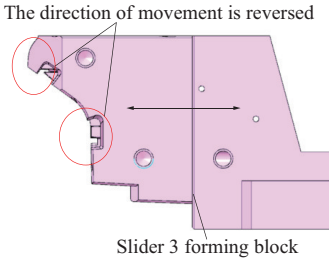
(a) 3D schematic diagram of core pulling structure with moving mould slider



(b) 3D cross-sectional view of core pulling structure of sliders 1 and 2



(c) 3D cross-sectional view of core pulling structure of slider 3



(d) 3D detailed drawing of inverted side of slider 3

图5 动模滑块抽芯结构3D示意图

Fig. 5 3D schematic diagram of moving mould slider core pulling structure

由于两类滑块的抽芯运动方向相互垂直且轨迹相交，若同时动作会引发撞模风险，因此必须通过严格的抽芯时序控制实现正常开合模。笔者设计的双联滑块抽芯系统，基于注塑机开合模信号与油缸动作的联动控制时序如下。

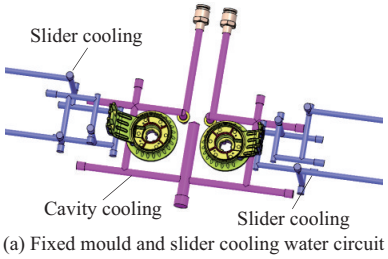
(1)开模阶段：滑块1、滑块2及滑块3的锁紧块同步与滑块分离，斜导柱率先驱动滑块1和滑块2完成抽芯，弹簧提供辅助抽芯力并维持滑块位置以避免合模干涉；待开模动作完成后，滑块3开始抽芯，直至达到40 mm的抽芯行程，此时所有抽芯动作执行完毕，方可顶出取件。

(2)合模阶段：合模前滑块3优先完成复位，随后注塑机执行合模动作，滑块1和滑块2在斜导柱与锁紧块的作用下锁死复位，同时滑块3通过锁紧块锁定，有效防止注塑过程中因熔体压力导致滑块后退而产生批锋缺陷。

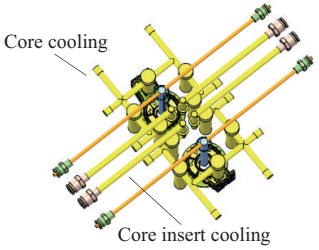
该抽芯机构通过时序控制与动力系统的协同设计，实现了多方向倒扣结构的高效脱模，保障了模具运行的可靠性与塑件成型质量[15−16]。

2.5 冷却系统设计

图6为冷却水路3D设计示意图。针对PC材料(热变形温度130 ℃)的成型特性及塑件结构特点，冷却系统采用如下所示的多区域差异化布局方案。



(a) Fixed mould and slider cooling water circuit



(b) Moving mould cooling water circuit

图6 冷却系统3D示意图

Fig. 6 3D schematic diagram of cooling system

(1)定模侧冷却：沿塑件外轮廓均布直径为10 mm的环形水路，水流速度控制在1.2 m/s，确保外观面冷却均匀性；

(2)滑块冷却：考虑到两侧滑块(高度差接近60 mm)的热传导差异，采用双层串联水路结构，上层水路距成型面8 mm，下层水路距成型面10 mm，通过双层式设计实现强化冷却效果；

(3)动模侧冷却：每个塑件配置5组Ø20 mm水

井(呈圆周均匀分布),动模镶件单独设置Ø12 mm螺旋水路,水路中心线距成型面12 mm,满足塑件中心加强筋区域的快速散热需求[17−18]。

该冷却系统经试模验证取得以下效果。

(1)成型效率提升:实际成型周期36 s,较设计预期缩短20%(原设计周期45 s),产能提升至200件/h;

(2)塑件尺寸控制优异:如图7塑件三次元检查数据截图所示,通过三次元测量塑件外圆平面5个点数据,显示最大翘曲变形量误差值为0.153 mm(设计要求0.2 mm),符合设计要求,塑件圆形转动区域真圆度偏差为±0.04 mm (设计要求±0.05 mm);

(3)外观质量达标:冷却均匀性指数(CUI)达0.92,表面无明显熔接痕及冷却斑,符合*Ra*0.1 μm的外观要求。

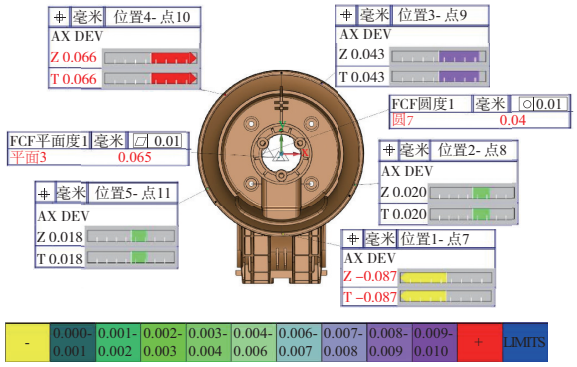


图7 塑件三次元检查数据截图

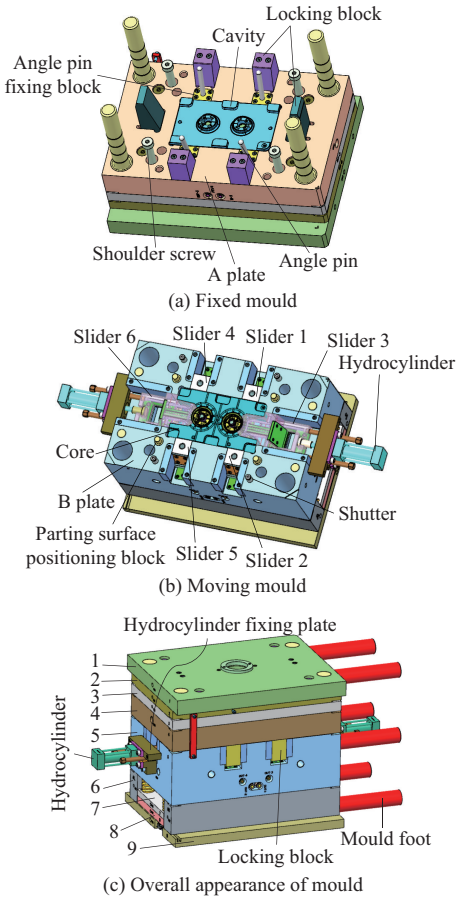
Fig. 7 Screenshot of three-dimensional inspection data of plastic parts

2.6 模具总体设计

基于塑件的结构特点和工艺要求,从浇口、分型、抽芯等模具结构设计方面综合考量,选用一模两腔的布局,对龙记简化细水口FCT4570三板模标准模架进行改造,在定模上增加抽芯的活动板,优先脱出定模镶件结构,模具最大外形尺寸为550 mm×700 mm(带油缸和模脚1 210 mm)×606 mm。整套模具共设计有6个侧边滑块抽芯结构,左右侧滑块对称设计,占用空间较小;在模具上下侧进行油缸滑块抽芯设计,节省注塑机台空间,降低注塑成本。另外,在模架设计上,为保证模具的配合精度,除去常规的导柱、导套和虎口定位之外,在模具分型面上设置了4个圆形零度圆锁定位柱,可有效保证模具精度,防止断差。图8为整体模具3D示意图。

2.7 模具工作过程

模具工作过程包括:(1)模具制作完成合模上机;(2)注塑调试开合模动作;(3)开模,定模活动板在弹簧作用下优先动作,与开模同步完成流道出模



1—Top clamping plate;2—Stripper plate;3—Movable plate;4—A plate;5—B plate;6—C plate;7—Ejector retainer plate;8—Ejector plate;9—Bottom clamping plate

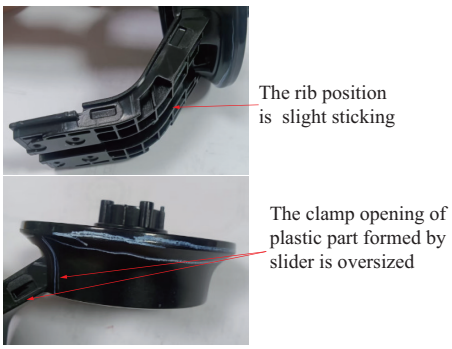
图8 模具3D示意图

Fig. 8 3D schematic diagram of mould

(*PL*1分型);脱料板打开,剥离流道脱离浇口套(*PL*2分型);活动板打开,带动定模镶件脱离塑件(*PL*3分型),开模完成(*PL*4主分型面完全打开),滑块1/2/4/5在斜导柱和弹簧的作用下完成第一次抽芯,前面4次分型开模行程由塞打螺丝控制行程,弹簧实施第一步优先动作,开闭器确保主分型面最后打开;(4)模具上下侧油缸带动滑块3/6完成第二次抽芯;(5)顶出,顶针完成塑件顶出,塑件与模具分离,机械手或人工完成取件;(6)模具上下侧油缸滑块复位;(7)合模,所有滑块抽芯机构全部复位锁紧,完成一次完整的生产动作,继续循环下一次动作实施生产任务。

3 试模验证分析

第一次试模时发现两处问题:其一是Q2处滑块的网格状加强筋有轻微粘模,检查发现模具抛光不完整,尚有放电加工的纹路(如图9a上所示),此区域为网格密集型加强筋位,塑件的包紧力较大,加



(a) Photos of problems during the first mould trial

(b) Mass production photos of product

图9 第一次试模的问题及量产后的产品实物照片

Fig. 9 Problems during the first mould trial and photos of actual product after mass production

强筋位抛光至少要到800#砂纸的效果；其二是滑块处塑件的夹口较大(如图9a下所示)，允许的夹口需要控制在0.05 mm以内，参照试模样品修模，达到量产要求。经修模后，第一次试模的问题全部解决，最终产品达到量产要求(如图9b所示)，成功实现量产。

4 结语

(1)在浇口与成型精度控制方面，通过三板模细水口三点进胶设计，不仅消除了塑件外观面的浇口痕迹，更通过熔体流动平衡控制，满足高精度装配要求。该模具顺利交付量产，已完成小批量(1 000件)试产任务，未出现模具生产异常的情况，模具整体动作运行平稳，成型塑件的品质优异，完全满足塑件性能生产要求。

(2)在定模脱模技术设计方面，采用定模活动板联动镶件的定距优先脱模结构，将塑件包紧力从单一区域分散至3处镶件接触面，配合多次分型顺序开模机构，降低脱模阻力，经小批量模具塑件产品试产验证无粘模现象。

(3)设计了双重倒扣脱模解决方案，基于油缸-斜导柱联动的双联滑块抽芯系统，通过注塑机开合模信号与油缸压力-位移曲线的精准匹配，成功解决Q2 (倒扣量35.11 mm)和Q3 (倒扣量0.82 mm)两处出模方向相互垂直的重叠倒扣的同步脱模问题。

(4)针对冷却系统优化设计了双层式冷却水路网络，使模具温度场均匀性控制在±5 ℃范围内，提升塑件成型效率，同时有效减少塑件翘曲变形的风险，达到塑件外观面A级光洁度标准与装配零干涉要求。

参考文献

[1] 高挺，彭强，马秀清．聚碳酸酯增韧改性研究进展[J]．中国塑料，2025，39(1)：37–43.
GAO Ting，PENG Qiang，MA Xiuqing. Research progress in modification of polycarbonate[J]. China Plastics，2025，39(1)：37–43.

[2] 叶卫文，张小娟，赵利平，等．汽车弯管接头注塑模具设计[J]．中国塑料，2023，37(8)：107–112.
YE Weiwen，ZHANG Xiaojuan，ZHAO Liping，et al. Design of injection mold for automobile elbow joint[J]. China Plastics，2023，37(8)：107–112.

[3] 张利华．同步密封壳内外壁圆环凹槽复合脱模机构注塑模设计[J]．中国塑料，2025，39(2)：94–99.
ZHANG Lihua. Design of injection mold with composite demolding mechanism for inner and outer wall ring grooves of synchronous sealing shell[J]. China Plastics，2025，39(2)：94–99.

[4] 赵利平，胡邓平，侯贤州．电动工具塑件的复合二次抽芯注塑模具设计[J]．塑料，2024，53(3)：44–49.
ZHAO Liping，HU Dengping，HOU Xianzhou. Design of compound recore-pulling injection mold for electric tool plastic parts[J]. Plastics，2024，53(3)：44–49.

[5] 汪佑思．基于油缸顶出与定模拉板二次脱模机构的周转筐注塑模设计[J]．中国塑料，2025，39(5)：112–117.
WANG Yousi. Design of injection mold for turnover basket based on hydraulic cylinder ejection and front mold pulling plate secondary mechanism[J]. China Plastics，2025，39(5)：112–117.

[6] 彭贤峰，符立华，李朋，等．基于多重滑块与复合抽芯的汽车水室模具设计[J]．工程塑料应用，2025，53(3)：140–145.
PENG Xianfeng，FU Lihua，LI Peng，et al. Mould design of automobile water chamber based on multiple sliders and composite core pulling[J]. Engineering Plastics Application，2025，53(3)：140–145.

[7] 杨秋合，杨安．微型离心泵泵叶三层式滑块机构三板模具设计[J]．中国塑料，2020，34(7)：97–103.
YANG Qiuhe，YANG An. Design of three-plate mold with three-layer slider mechanism for micro centrifugal pump[J]. China Plastics，2020，34(7)：97–103.

[8] 马小伟，张维合．新能源汽车进气风箱面盖注塑模具的创新设计[J]．塑料工业，2024，52(6)：97–101.
MA Xiaowei，ZHANG Weihe. Innovative designs of injection molds for the air-tank up-cover of one new energy automobile[J]. China Plastics Industry，2024，52(6)：97–101.

[9] 赵利颇，王倩，曹春雷，等. 支架接头复杂脱模机构注塑模设计[J]. 工程塑料应用，2021，49(7):92–96，107.
ZHAO Lipo，WANG Qian，CAO Chunlei，et al. Design of injection mold with complex core-pulling mechanisms for connector with bracket[J]. Engineering Plastics Application，2021，49(7): 92 – 96，107.

[10] 薛丽，王训杰. 涡旋压缩机气阀复杂脱模机构及模具结构优化设计[J]. 中国塑料，2020，34(10):86–93.
XUE Li，WANG Xunjie. Design of complex demolding mechanism and mold structural optimization for air valve of scroll compressor[J]. China Plastics，2020，34(10):86–93.

[11] 荣星，陈养元，林源琳，等. 塑胶壳体复合抽芯模具设计及CAE分析[J]. 塑料工业，2022，50(9):89–94，125.
RONG Xing，CHEN Yangyuan，LIN Yuanlin，et al. Design and CAE analysis of composite core-pulling mechanism die for plastic shell[J]. China Plastics Industry，2022，50(9):89–94，125.

[12] 张雁亭，梁蓓，肖国华，等. 打印机滚筒导板多点浇口注塑模设计[J]. 工程塑料应用，2024，52(2):94–100.
ZHANG Yanting，LIANG Bei，XIAO Guohua，et al. Design of injection mould with multiple pin-point gates for printer drum guide plate[J]. Engineering Plastics Application，2024，52(2): 94–100.

[13] 肖国华，刘晓彬，沈忠良. 分度环多滑块同步顶出和加速顶出机构的模具设计[J]. 工程塑料应用，2025，53(4):116–123.
XIAO Guohua，LIU Xiaobin，SHEN Zhongliang. Mould design of multiple sliders synchronous ejection and accelerated ejection mechanism for indexing ring[J]. Engineering Plastics Application，2025，53(4):116–123.

[14] 苗秋玲. 键盘按键二次顶出三板模具设计[J]. 塑料，2024，53(6): 139–143.
MIAO Qiuling. Design of three-plate mold with secondary ejection of keyboard key[J]. Plastics，2024，53(6):139–143.

[15] 赵利平，秦瑞亮，侯贤州，等. 弯管热流道模具的旋转抽芯脱模设计[J]. 塑料科技，2023，51(2):84–87.
ZHAO Liping，QIN Ruiliang，HOU Xianzhou，et al. Design of rotary core-pulling demoulding for hot runner mold of elbow[J]. Plastics Science and Technology，2023，51(2):84–87.

[16] 熊毅，冯啸霖. 外侧整圈倒扣产品多向顺序抽芯注射模具[J]. 塑料工业，2021，49(8):81–86.
XIONG Yi，FENG Xiaolin. Injection mold with multi direction and sequential core pulling for the whole circle of gradient-section [J]. China Plastics Industry，2021，49(8):81–86.

[17] 赵利平，张小娟，彭新华. 碎纸机塑件外壳大型注塑模具设计[J]. 中国塑料，2024，38(7):106–111.
ZHAO Liping，ZHANG Xiaojuan，PENG Xinhua. Paper shredder plastic parts shell large injection mold design[J]. China Plastics，2024，38(7):106–111.

[18] 王静，刘浩，陈川，等. 注塑模具螺旋式随形水路快速设计技术[J]. 工程塑料应用，2024，52(9):97–103.
WANG Jing，LIU Hao，CHEN Chuan，et al. Rapid design technology of spiral conformal cooling channels for injection mould[J]. Engineering Plastics Application，2024，52(9):97–103.